

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/017949

International filing date: 02 December 2004 (02.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-403082
Filing date: 02 December 2003 (02.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 27 January 2005 (27.01.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

24.12.2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2003年12月 2日

出願番号 Application Number: 特願2003-403082

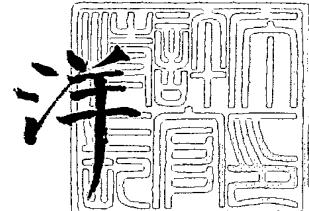
[ST. 10/C]: [JP2003-403082]

出願人 Applicant(s): 住友電工焼結合金株式会社
本田技研工業株式会社

2004年12月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小川



【書類名】 特許願
【整理番号】 1032035
【提出日】 平成15年12月 2日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C22C 21/02
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1番 1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内
 【氏名】 徳岡 輝和
【発明者】
 【住所又は居所】 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目 1番 1号 住友電工焼結合金株式会社 内
 【氏名】 鍛冶 俊彦
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央 1丁目 4番 1号 株式会社本田技術研究所内
 【氏名】 堀村 弘幸
【発明者】
 【住所又は居所】 埼玉県和光市中央 1丁目 4番 1号 株式会社本田技術研究所内
 【氏名】 岡 知生
【特許出願人】
 【識別番号】 593016411
 【住所又は居所】 岡山県川上郡成羽町大字成羽 2901番地
 【氏名又は名称】 住友電工焼結合金株式会社
 【代表者】 井内 武
【特許出願人】
 【識別番号】 000005326
 【住所又は居所】 東京都港区南青山二丁目 1番 1号
 【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社
 【代表者】 福井 威夫
【代理人】
 【識別番号】 100064746
 【弁理士】 深見 久郎
【選任した代理人】
 【識別番号】 100085132
 【弁理士】 森田 俊雄
【選任した代理人】
 【識別番号】 100083703
 【弁理士】 仲村 義平
【選任した代理人】
 【識別番号】 100096781
 【弁理士】 堀井 豊
【選任した代理人】
 【識別番号】 100098316
 【弁理士】 野田 久登

【選任した代理人】**【識別番号】** 100109162**【弁理士】****【氏名又は名称】** 酒井 將行**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 008693**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 特許請求の範囲 1**【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【物件名】** 委任状 1**【提出物件の特記事項】** 手続補足書により提出する。**【包括委任状番号】** 0313062

【書類名】特許請求の範囲**【請求項1】**

シリコンを10mass%以上16mass%以下、鉄を1mass%以上3mass%以下、ニッケルを1mass%以上2mass%以下、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムよりなる群から選ばれる1種以上を総量で0.5mass%以上2mass%以下、銅を0.6mass%以上3mass%以下、マグネシウムを0.2mass%以上2mass%以下含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成を有し、かつガスアトマイズにより作製されたアルミニウム合金粉末を緻密化して得られ、かつシリコンの平均結晶粒径が4μm以下である、耐熱・高韌性アルミニウム合金。

【請求項2】

チタンを0.5mass%以上2mass%以下で含有することを特徴とする、請求項1に記載の耐熱・高韌性アルミニウム合金。

【請求項3】

2.8Mg/m³以下の密度を有することを特徴とする、請求項1または2に記載の耐熱・高韌性アルミニウム合金。

【請求項4】

請求項1～3のいずれかに記載の耐熱・高韌性アルミニウム合金を熱間塑性加工して製造されたことを特徴とする、エンジン部品。

【請求項5】

前記エンジン部品はピストンであることを特徴とする、請求項4に記載のエンジン部品。

【請求項6】

シリコンを10mass%以上16mass%以下、鉄を1mass%以上3mass%以下、ニッケルを1mass%以上2mass%以下、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムよりなる群から選ばれる1種以上を総量で0.5mass%以上2mass%以下、銅を0.6mass%以上3mass%以下、マグネシウムを0.2mass%以上2mass%以下で含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成のアルミニウム合金粉末をガスアトマイズにより作製する工程と、

前記アルミニウム合金粉末を冷間にて成形加工して予備成形体を得る工程と、

前記予備成形体を400℃以上510℃以下の温度に昇温後、5時間以下の時間、前記温度範囲に保持する工程と、

加熱した前記予備成形体を熱間塑性加工により緻密化して緻密体を得る工程とを備え、

これによりシリコンの平均結晶粒径が4μm以下となるようにアルミニウム合金を製造する、耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法。

【請求項7】

シリコンを10mass%以上16mass%以下、鉄を1mass%以上3mass%以下、ニッケルを1mass%以上2mass%以下、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムよりなる群から選ばれる1種以上を総量で0.5mass%以上2mass%以下、銅を0.6mass%以上3mass%以下、マグネシウムを0.2mass%以上2mass%以下で含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成のアルミニウム合金粉末をガスアトマイズにより作製する工程と、

前記アルミニウム合金粉末を冷間にて成形加工して予備成形体を得る工程と、

前記予備成形体を400℃以上510℃以下の温度に昇温後、5時間以下の時間、前記温度範囲に保持する工程と、

加熱した前記予備成形体を熱間塑性加工により緻密化して緻密体を得る工程と、

前記緻密体を、前記予備成形体の加熱温度以下の温度に加熱して熱間塑性加工する工程とを備え、

これによりシリコンの平均結晶粒径が4μm以下となるようにアルミニウム合金を製造する、耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法。

【請求項8】

加熱した前記予備成形体を熱間塑性加工する工程は、押出比 6 以上で押出加工することを含むことを特徴とする、請求項 6 または 7 に記載の耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法。

【書類名】明細書**【発明の名称】耐熱・高韌性アルミニウム合金およびその製造方法ならびにエンジン部品****【技術分野】****【0001】**

本発明は、耐熱・高韌性アルミニウム合金およびその製造方法ならびにエンジン部品に關し、特に、耐熱性と韌性を要求される自動車エンジン部品用、特にピストン用材料として最適な、急冷凝固法を用いた耐熱・高韌性アルミニウム合金に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

A1(アルミニウム)-Si(シリコン)一遷移金属系の耐熱性急冷凝固アルミニウム合金を開示するものには、たとえば特開平11-293374号公報(特許文献1参考)がある。この公報には、Siを10~30mass%、Ti(チタン)を1~5mass%、Fe(鉄)およびNi(ニッケル)の少なくともいずれかを総量で3~10mass%、Mg(マグネシウム)を0.05~1.0mass%含有し、残部が実質的にA1からなり、Siの平均結晶粒径が $2\mu m$ 以下であり、Si以外の金属間化合物相の平均粒径が $1\mu m$ 以下のアルミニウム合金が示されている。

【0003】

またこの公報には、上記のアルミニウム合金を、用途としてたとえばエンジン部品に用いることが開示されている。

【特許文献1】特開平11-293374号公報**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

上記公報に開示されたアルミニウム合金においては、高耐熱性および高耐摩耗性といった特性を有するために、エンジン部品等の好適材料として使用されている。ところで、レース等でエンジンの更なる高負荷運転が要求される場合において、エンジン部品、特にピストンにはより高強度、高韌性、低比重でありながらより軽量でかつ高耐久性が要求されるため、それらの要求を満たす材料の需要が高まっている。

【0005】

それゆえ、本発明の目的は、室温から 300°C 程度までの強度と延性とのバランスが取れ、破壊韌性も高い、耐熱・高韌性アルミニウム合金およびその製造方法ならびにエンジン部品を提供することである。

【課題を解決するための手段】**【0006】**

本発明の耐熱・高韌性アルミニウム合金は、シリコンを10mass%以上16mass%以下、鉄を1mass%以上3mass%以下、ニッケルを1mass%以上2mass%以下、チタン、ジルコニウム(Zr)、クロム(Cr)およびバナジウム(V)よりなる群から選ばれる1種以上を総量で0.5mass%以上2mass%以下、銅(Cu)を0.6mass%以上3mass%以下、マグネシウムを0.2mass%以上2mass%以下含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成を有し、かつガスアトマイズにより作製されたアルミニウム合金粉末を緻密化して得られ、かつシリコンの平均結晶粒径が $4\mu m$ 以下であることを特徴とするものである。

【0007】

上記の耐熱・高韌性アルミニウム合金において好ましくは、チタンが0.5mass%以上2mass%以下で含有されている。

【0008】

上記の耐熱・高韌性アルミニウム合金において好ましくは、当該耐熱・高韌性アルミニウム合金は $2.8\text{Mg}/\text{m}^3$ 以下の密度を有している。

【0009】

本発明のエンジン部品は、上記のいずれかの耐熱・高韌性アルミニウム合金を熱間塑性

加工して製造されたものである。

【0010】

上記のエンジン部品は、好ましくはピストンである。

【0011】

本発明の一の耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法は、シリコンを10 mass %以上16 mass %以下、鉄を1 mass %以上3 mass %以下、ニッケルを1 mass %以上2 mass %以下、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムよりなる群から選ばれる1種以上を総量で0.5 mass %以上2 mass %以下、銅を0.6 mass %以上3 mass %以下、マグネシウムを0.2 mass %以上2 mass %以下で含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成のアルミニウム合金粉末をガスアトマイズにより作製する工程と、そのアルミニウム合金粉末を冷間にて成形加工して予備成形体を得る工程と、その予備成形体を400°C以上510°C以下の温度に昇温後、5時間以下の時間、その温度範囲に保持する工程と、その加熱した予備成形体を熱間塑性加工により緻密化して緻密体を得る工程とを備えており、これによりシリコンの平均結晶粒径が4 μm以下となるようにアルミニウム合金を製造することを特徴とするものである。

【0012】

本発明の他の耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法は、シリコンを10 mass %以上16 mass %以下、鉄を1 mass %以上3 mass %以下、ニッケルを1 mass %以上2 mass %以下、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムよりなる群から選ばれる1種以上を総量で0.5 mass %以上2 mass %以下、銅を0.6 mass %以上3 mass %以下、マグネシウムを0.2 mass %以上2 mass %以下で含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成のアルミニウム合金粉末をガスアトマイズにより作製する工程と、そのアルミニウム合金粉末を冷間にて成形加工して予備成形体を得る工程と、その予備成形体を400°C以上510°C以下の温度に昇温後、5時間以下の時間、その温度範囲に保持する工程と、その加熱した予備成形体を熱間塑性加工により緻密化して緻密体を得る工程と、その緻密体を、上記予備成形体の加熱温度以下の温度に加熱して熱間塑性加工する工程とを備えており、これによりシリコンの平均結晶粒径が4 μm以下となるようにアルミニウム合金を製造することを特徴とするものである。

【0013】

上記の耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法において好ましくは、加熱した予備成形体を熱間塑性加工する工程は、押出比6以上で押出加工することを含んでいる。

【発明の効果】

【0014】

本願発明者らは、所定の組成のアルミニウム合金粉末をガスアトマイズにより作製した後に緻密化することにより、室温から300°C程度までの強度と延性とのバランスが取れ、破壊韌性も高い、耐熱・高韌性アルミニウム合金が得られることを見出した。このようなアルミニウム合金はピストンなどの自動車エンジン部品に最適である。

【0015】

本発明の耐熱・高韌性アルミニウム合金において、シリコンは低比重を保ったまま耐熱性を向上させるために重要である。シリコンの含有量を10 mass %以上16 mass %以下としたのは、この含有量が10 mass %未満では高温での強度が低くなり、16 mass %を超えると高温での伸びと衝撃値とが低くなるためである。

【0016】

また、鉄は耐熱性を向上させるために重要である。鉄の含有量を1 mass %以上3 mass %以下としたのは、この含有量が1 mass %未満では高温での強度が低くなり、3 mass %を超えると高温での伸びと衝撃値とが低くなるためである。

【0017】

また、ニッケルは耐熱性を向上させるために重要である。ニッケルの含有量を1 mass %以上2 mass %以下としたのは、この含有量が1 mass %未満では高温での強度が低くなり、2 mass %を超えると高温での伸びと室温での伸びと衝撃値とが低くなる

ためである。

【0018】

また、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムの1種以上は、アルミニウムと金属間化合物を形成し、結晶生成の核となることにより、組織の微細化を図り、かつ強度を向上させるために重要である。チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムの1種以上の総含有量を0.5 mass%以上2 mass%以下としたのは、この含有量が0.5 mass%未満では高温での強度と室温での強度とが低くなり、2 mass%を超えると高温での伸びと室温での伸びと衝撃値とが低くなるためである。

【0019】

また、銅は、室温から200°C付近の温度領域にて、時効析出硬化により強度を向上させるために重要である。銅の含有量を0.6 mass%以上3 mass%以下としたのは、この含有量が0.6 mass%未満では高温での強度と室温での強度とが低くなり、3 mass%を超えると衝撃値が低くなり密度が高くなるためである。

【0020】

また、マグネシウム(Mg)は、銅と同様の効果を有する。よって、マグネシウムの含有量を0.2 mass%以上2 mass%以下としたのは、この含有量が0.2 mass%未満では室温での強度が低くなり、2 mass%を超えると衝撃値と室温での伸びとが低くなるためである。

【0021】

上記の耐熱・高韌性アルミニウム合金において比重の小さいチタンが0.5 mass%以上2 mass%以下で含有されていることにより、アルミニウム合金の比重を小さくすることができ、アルミニウム合金の特性をさらに向上させることができる。

【0022】

上記の耐熱・高韌性アルミニウム合金において密度を2.8 Mg/m³以下とすることにより、低比重化を図ることができ、部品の軽量化を図ることができる。

【0023】

本発明のエンジン部品は、上記のいずれかの耐熱・高韌性アルミニウム合金を熱間塑性加工して製造されたものであるため、強度、韌性、低比重を満たし、かつ軽量化、耐久性に優れている。

【0024】

本発明の一および他の耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法によれば、室温から300°C程度までの強度と延性とのバランスが取れ、破壊韌性も高い、耐熱・高韌性アルミニウム合金を製造することができる。また、緻密体を予備成形体の加熱温度以下の温度にて加熱して熱間塑性加工するのは、延性の低下を防止するためである。

【0025】

上記の耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法において、押出比6以上で押出加工することにより、韌性を向上させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の実施の形態について図に基づいて説明する。

【0027】

本発明の一実施の形態における耐熱・高韌性アルミニウム合金は、シリコンを10 mass%以上16 mass%以下、鉄を1 mass%以上3 mass%以下、ニッケルを1 mass%以上2 mass%以下、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムの1種以上を総量で0.5 mass%以上2 mass%以下、銅を0.6 mass%以上3 mass%以下、マグネシウムを0.2 mass%以上2 mass%以下含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成を有している。また、本実施の形態の耐熱・高韌性アルミニウム合金は、ガストマイズにより作製されたアルミニウム合金粉末を緻密化して得られたものであり、かつシリコンの平均結晶粒径が4 μm以下である。

【0028】

また、本実施の形態の耐熱・高韌性アルミニウム合金には、チタンが0.5 mass%以上2 mass%以下で含有されていることが好ましい。また、本実施の形態の耐熱・高韌性アルミニウム合金は、2.8 Mg/m³以下の密度を有していることが好ましい。

【0029】

また、本実施の形態の耐熱・高韌性アルミニウム合金を熱間塑性加工することにより、ピストンが製造される。

【0030】

次に、本実施の形態の耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法について説明する。

【0031】

図1は、本発明の一実施の形態における耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法の第1の例を示すフロー図である。図1を参照して、まず、所定の組成の溶湯が準備される（ステップS1）。この溶湯の組成は、シリコンを10 mass%以上16 mass%以下、鉄を1 mass%以上3 mass%以下、ニッケルを1 mass%以上2 mass%以下、チタン、ジルコニアム、クロムおよびバナジウムの1種以上を総量で0.5 mass%以上2 mass%以下、銅を0.6 mass%以上3 mass%以下、マグネシウムを0.2 mass%以上2 mass%以下で含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる組成である。また、チタンが0.5 mass%以上2 mass%以下で含有されていることが好ましい。

【0032】

次に、上記の溶湯がガスアトマイズとしてエアアトマイズされて、上記溶湯からアルミニウム合金粉末が作製される（ステップS2）。このアルミニウム合金粉末が冷間にて圧縮成形加工されて予備成形体が作製される（ステップS3）。この予備成形体が雰囲気炉にて400°C以上510°C以下の温度に昇温された後、5時間以下の時間、その温度範囲に保持される（ステップS4）。この加熱された予備成形体が熱間塑性加工により緻密化されて緻密体が作製される（ステップS5）。この予備成形体の熱間塑性加工は、たとえば押出比6以上の押出加工であることが好ましい。この緻密体が、切断などされた後、上記予備成形体の加熱温度（400°C以上510°C以下の温度）以下の温度に加熱されて熱間塑性加工される（ステップS6）。これにより、シリコンの平均結晶粒径が4 μm以下となるように本実施の形態の耐熱・高韌性アルミニウム合金が製造される。

【0033】

この後、たとえば試験片としての形状に加工され（ステップS7）、この後、後述の材料試験（引張試験、シャルピー衝撃試験）に供される（ステップS8）。

【0034】

図2は、本発明の一実施の形態における耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法の第2の例を示すフロー図である。図2を参照して、本方法は、図1に示した方法と比較して、ステップS1からステップS5までは同様のステップを経る。このステップS5の後、本方法においては、押出法により緻密化された押出材（緻密体）が切斷される（ステップS11）。切斷された押出材は加熱され（ステップS12）、塑性加工（据え込み）を施され（ステップS13）、熱処理を施される（ステップS14）。

【0035】

この後は、本方法においても、図1に示した方法と同様、たとえば試験片としての形状に加工され（ステップS7）、この後、後述の材料試験（引張試験、シャルピー衝撃試験）に供される（ステップS8）。

【実施例1】

【0036】

次に、本発明の実施例について説明する。

【0037】

まず、以下の表1に示す各組成の溶湯を準備し、図1に示すフローにて引張り試験片および衝撃試験片を作製した。また、引張り試験片および衝撃試験片の形状は図3および図4に示す形状とした。図3は引張り試験片1を示す正面図であり、図4（a）、（b）お

より（c）は衝撃試験片2の正面図、断面図およびノッチ部2aの拡大図である。

【0038】

上記のようにして得られた試験片について、Si晶の大きさ（Siの平均結晶粒径）と、300℃での引張り強さおよび伸びと、室温（20℃）での引張り強さおよび伸びと、衝撃値と、密度とを調べた。その結果を表2に示す。また、表2には、上記の試験片の作製時における予備成形体の固化温度と、予備成形体の加熱後の保持時間と、加熱した予備成形体の押出比と、溶体化温度と、人工時効温度とを併せて示す。

【0039】

【表1】

試料番号	組成(mass%)							ME
	Si	Fe	Ni	Ti	Cr	Zr	V	
1	10	2	1.3	1.1	-	-	-	1 0.5
2	12	2.1	1.6	1.2	-	-	-	0.9 0.7
3	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1 0.7
4	15	1.9	1.5	1.6	-	-	-	1.3 0.6
5	16	2.1	1.4	1.4	-	-	-	1.4 0.8
6	13	1.1	2.1	1	-	-	-	1.5 1
7	13	2.8	1.1	1.5	-	-	-	1.4 0.6
8	13	2.1	1.1	1.3	-	-	-	1.3 1
9	13	1.2	2.9	1.2	-	-	-	1 1.1
10	13	2	1.4	0.5	-	-	-	1.1 0.5
11	13	1.8	1.3	1.8	-	-	-	0.9 0.8
12	13	1.8	1.5	-	1.2	-	-	0.8 0.6
13	13	1.9	1.6	-	-	-	1.3	1.1 0.5
14	13	1.8	1.4	-	-	1.2	-	1 0.8
15	13	1.9	1.5	1.1	-	-	-	0.6 0.9
16	13	2	1.3	1	-	-	-	2.8 1
17	13	1.8	1.5	1	-	-	-	0.9 0.4
18	13	2.1	1.6	1.3	-	-	-	1.1 1.5
19	8	2.3	1.6	0.9	-	-	-	1.1 0.5
20	18	2	1.5	1.2	-	-	-	1.4 0.6
21	13	4	-	1	-	-	-	1.2 0.8
22	13	-	4.2	1.1	-	-	-	1.1 0.7
23	13	3	2.8	0.8	-	-	-	1 1
24	13	0.8	0.5	0.8	-	-	-	1.2 0.8
25	13	2.2	1.4	2.2	-	-	-	1 1
26	13	2.1	1.3	0.2	-	-	-	1 0.9
27	13	2.1	1.4	1.1	-	-	-	3.5 0.7
28	13	2.1	1.5	1	-	-	-	0.2 0.8
29	13	2	1.3	0.9	-	-	-	0.9 2.5
30	13	2.4	1.5	0.9	-	-	-	0.8 0.1

【0040】

【表2】

	試料番号	固化温度(°C)	昇温後の保持時間(min)	溶体化温度(°C)	押出比	人工時効温度(°C)	Si晶の大きさ(μm)	300°C引張強さ(MPa)	300°C伸びび(%)	20°C引張強さ(MPa)	20°C伸びび(%)	衝撃値(J/cm²)	密度(Mg/m³)
	1	480	60	8	470	200	1.9	105	35	390	10.0	4.5	2.75
	2	480	60	8	470	200	2.2	110	31	400	9.5	3.9	2.74
	3	480	60	8	470	200	1.7	120	30	410	6.0	2.7	2.74
	4	480	60	8	470	200	1.8	128	28	420	5.5	2.4	2.73
	5	480	60	8	470	200	2.5	135	20	432	3.5	2.3	2.72
	6	480	60	8	470	200	1.7	105	33	402	5.0	3.8	2.71
	7	480	60	8	470	200	1.8	130	28	423	3.7	2.2	2.76
	8	480	60	8	470	200	2.2	115	31	410	4.1	3.1	2.74
本発明例	9	480	60	8	470	200	2.1	125	29	435	3.5	2.1	3.74
	10	480	60	8	470	200	2.3	121	31	400	4.5	3.6	2.73
	11	480	60	8	470	200	2.6	135	25	441	3.4	2.2	2.72
	12	480	60	8	470	200	2.1	131	30	450	3.1	2.5	2.74
	13	480	60	8	470	200	2.0	125	27	443	3.3	2.4	2.75
	14	480	60	8	470	200	2.1	130	28	440	3.5	2.6	2.73
	15	480	60	8	470	200	2.2	110	33	410	7.2	3.1	2.68
	16	480	60	8	470	200	1.8	115	29	430	4.5	2.2	2.79
	17	480	60	8	470	200	1.7	118	31	405	7.0	3.1	2.74
	18	480	60	8	470	200	2.1	120	35	440	3.1	2.1	2.72
	19	480	60	8	470	200	1.8	65	40	370	13.0	4.9	2.78
	20	480	60	8	470	200	2.8	170	15	390	2.4	1.8	2.72
	21	480	60	8	470	200	2.1	110	16	430	2.8	1.8	2.75
	22	480	60	8	470	200	2.3	100	15	440	1.8	1.7	2.75
	23	480	60	8	470	200	2.1	180	12	460	1.9	1.2	2.77
	24	480	60	8	470	200	2.0	70	32	380	9.1	5.2	2.70
比較例	25	480	60	8	470	200	2.5	135	15	470	1.8	1.5	2.75
	26	480	60	8	470	200	1.8	80	35	370	5.5	3.5	2.71
	27	480	60	8	470	200	1.9	110	29	430	3.0	2	2.80
	28	480	60	8	470	200	2.3	90	36	380	5.0	3.6	2.70
	29	480	60	8	470	200	2.2	110	38	460	1.0	0.8	2.70
	30	480	60	8	470	200	2.4	105	29	370	7.0	3	2.75

【0041】

表1および表2における本発明例No. 1～5および比較例No. 19、No. 20の
出証特2004-3111429

結果より、Siの添加量を10mass%以上16mass%以下にすることにより、強度と韌性のバランスの取れた材料を得ることができた。Siの添加量が16mass%より多いと延性が損なわれ（比較例No.20）、Siの添加量が10mass%より少ないと強度が低下した（比較例No.19）。

【0042】

また、本発明例No.6～9および比較例No.21～24の結果より、Fe、Niの添加量をそれぞれ1mass%以上3mass%以下、1mass%以上2mass%以下の範囲内にすることにより、耐熱性と韌性とのバランスの取れた材料を得ることができた。Fe、Niの添加量のそれぞれを単独で上記範囲を超えて多量に添加して耐熱性を出そうとしても、粗大な金属間化合物が析出して韌性が損なわれ（比較例No.21、22）、また上記の範囲よりも添加量が少なくなると耐熱性が損なわれた。また、FeとNiとの双方を添加する場合においても、上記と同様、FeとNiとの添加量が多すぎると粗大な金属間化合物が析出して韌性が損なわれ（比較例No.23）、添加量が少なすぎると耐熱性が損なわれた（比較例No.24）。

【0043】

また、本発明例No.10～14および比較例No.25、26の結果より、Tiの添加量を0.5mass%以上2mass%以下の範囲内にすることにより、強度と韌性とのバランスが取れた材料を得ることができた。また、Tiの代わりにZr、Cr、Vを添加することによっても同様の効果を得ることができた。これらの成分（Ti Zr、Cr、V）の総添加量が2mass%を超えて多すぎると韌性が損なわれ（比較例No.25）、0.5mass%よりも少なすぎると強度が低下した（比較例No.26）。

【0044】

また、本発明例No.15、16および比較例No.27、28の結果より、Cuの添加量を0.6mass%以上3mass%以下の範囲内にすることにより、強度と密度とのバランスが取れた材料を得ることができた。Cuの添加量が3mass%を超えて多すぎると密度が上がり（比較例No.27）、添加量が0.6mass%よりも少なすぎると強度が低下した（比較例No.28）。

【0045】

また、本発明例No.17、18および比較例No.29、30の結果より、Mgの添加量を0.2mass%以上2mass%以下の範囲内にすることにより、強度と韌性とのバランスが取れた材料を得ることができた。Mgの添加量が2mass%を超えて多すぎると韌性が低下し（比較例No.29）、添加量が0.2mass%よりも少なくなると強度が低下した（比較例No.30）。

【実施例2】

【0046】

緻密化時の加熱条件が特性に与える影響について調べた。

【0047】

まず、以下の表3に示す各組成の溶湯を準備し、図1に示すフローにて引張り試験片および衝撃試験片を作製した。また、引張り試験片および衝撃試験片の形状は図3および図4に示す形状とした。

【0048】

上記のようにして得られた試験片について、Si晶の大きさ（Siの平均結晶粒径）と、300℃での引張り強さおよび伸びと、室温（20℃）での引張り強さおよび伸びと、衝撃値と、密度とを調べた。その結果を表4に示す。また、表4には、上記の試験片の作製時における予備成形体の固化温度と、予備成形体の加熱後の保持時間と、加熱した予備成形体の押出比と、溶体化温度と、人工時効温度とを併せて示す。

【0049】

【表3】

試料番号		組成(mass%)								
		Si	Fe	Ni	Ti	Cr	Zr	V	Cu	Mg
本発明例	31	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
	32	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
	33	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
	34	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
比較例	35	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
	36	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
	37	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
本発明例	34	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
	38	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7
比較例	39	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7

【0050】

【表4】

	試料番号	固化温度(°C)	昇温後の保持時間(min)	溶体化温度(°C)	押出比	人工時効温度(°C)	Si晶の大きさ(μm)	300°C引張強さ(MPa)	300°C伸び(%)	20°C引張強さ(MPa)	20°C伸び(%)	衝撃値(J/cm²)	密度(Mg/m³)
本発明例	31	400	60	8	390	200	1.5	145	22	420	3.5	2.5	2.74
	32	430	60	8	420	200	1.5	130	28	411	4.5	2.7	2.74
	33	480	60	8	470	200	1.7	120	30	410	6.0	2.7	2.74
比較例	34	510	60	8	500	200	2.5	115	33	403	6.5	3.4	2.74
	35	530	60	8	520	200	4.5	105	20	360	2.4	2.0	2.74
本発明例	36	380	60	8	370	200	1.4	148	19	430	2.1	1.7	2.74
	37	510	30	8	500	200	1.9	120	32	420	5.7	2.8	2.74
	34	510	180	8	500	200	2.5	115	33	403	6.5	3.4	2.74
比較例	38	510	270	8	500	200	2.8	100	36	380	6.6	3	2.74
	39	510	330	8	500	200	3.3	85	30	360	4.1	2.5	2.74

【0051】

表3および表4における本発明例No. 31～34および比較例No. 35、36の結
出証特2004-3111429

果より、固化工程において、直前に予備成形体を加熱保持するときの温度を400℃以上510℃以下の範囲内にすることにより、強度と韌性とのバランスが取れた材料を得ることができた。固化温度が510℃を超えて高すぎると強度が低下するとともに、Si晶の粗大化を招き、このSi晶が応力集中源として作用することにより延性も低下した（比較例No. 35）。また、固化温度が400℃よりも低くなると強度が向上するが、韌性が損なわれた（比較例No. 36）。

【0052】

また、本発明例No. 37、38および比較例No. 39の結果より、予備成形体を加熱し固化するときの加熱後の保持時間を5時間以内にすることにより、強度の低下およびSi晶の粗大化による延性の低下を防ぐことができた。この加熱後の保持時間が5時間を超えて長くなるとSi晶が粗大化し、強度、延性ともに低下した（比較例No. 39）。

【実施例3】

【0053】

緻密化時の塑性加工方法の影響について調べた。

【0054】

まず、以下の表5に示す各組成の溶湯を準備し、図1に示すフローにて引張り試験片および衝撃試験片を作製した。また、引張り試験片および衝撃試験片の形状は図3および図4に示す形状とした。

【0055】

上記のようにして得られた試験片について、Si晶の大きさ（Siの平均結晶粒径）と、300℃での引張り強さおよび伸びと、室温（20℃）での引張り強さおよび伸びと、衝撃値と、密度とを調べた。その結果を表6に示す。また、表6には、上記の試験片の作製時における予備成形体の固化温度と、予備成形体の加熱後の保持時間と、加熱した予備成形体の押出比と、溶体化温度と、人工時効温度とを併せて示す。

【0056】

【表5】

試料番号		組成 (mass%)								
		Si	Fe	Ni	Ti	Cr	Zr	V	Cu	Mg
40	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	-	1.1	0.7
41	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	-	1.1	0.7
42	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	-	1.1	0.7
43	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	-	1.1	0.7
44	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	-	1.1	0.7
45	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	-	1.1	0.7

【0057】

【表6】

	試料番号	固化温度(°C)	昇温後の保持時間(min)	溶体化温度(°C)	人工时效温度(°C)	Si晶の大きさ(μm)	300°C引張強さ(MPa)	300°C伸び(%)	20°C引張強さ(MPa)	20°C伸び(%)	衝撃値(J/cm²)	密度(Mg/m³)
本発明例	40	480	60	6	470	200	1.5	145	30	420	4.5	2.5
	41	480	60	8	470	200	1.5	142	32	425	4.5	2.7
	42	480	60	10	470	200	1.7	144	32	430	5.0	2.7
	43	480	60	12	470	200	1.8	140	35	425	6.5	2.8
比較例	44	480	60	2	470	200	2.0	105	6	360	0.8	0.5
	45	480	60	4	470	200	1.5	110	8	370	0.9	0.6

【0058】

表5および表6における本発明例No. 40～43および比較例No. 44、45の結
出証特2004-3111429

果より、緻密化工程において、押出法を用いる場合、その押出比を6以上とすることにより、強度と韌性とのバランスが取れた合金を得ることができた。押出比が6よりも低くなる場合、韌性が著しく低下した（比較例No. 44、45）。

【実施例4】

【0059】

実施例1にて作製した本発明例No. 4の素材を図2のフローに従って、熱間塑性加工を行なった。その素材より図3および図4に示す形状の試験片を切出し、材料特性を評価した。その製造条件と評価結果を表7および表8に示す。

【0060】

【表7】

試料番号	Si	Fe	Ni	Ti	Cr	Zr	V	Cu	Mg	組成 (mass%)	
										46	13
本発明例	47	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7	
	48	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7	
	49	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7	
比較例	50	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7	
	51	13	2.1	1.4	0.9	-	-	-	1.1	0.7	

【0061】

【表8】

	試料番号	固化温度(°C)	昇温後の保持時間(min)	押出比	押出材加熱温度(°C)	溶体化温度(°C)	人工時刻温度(°C)	Si晶の大きさ(μm)	300°C引張強さ(MPa)	300°C伸び(%)	20°C引張強さ(MPa)	20°C伸び(%)	衝撃値(J/cm²)	密度(Mg/m³)
本発明例	46	480	60	8	400	470	200	1.8	145	35	420	5.0	3	2.74
	47	480	60	8	450	470	200	1.9	142	38	425	5.5	3.5	2.74
	48	480	60	8	460	470	200	1.8	141	40	422	6.0	3.3	2.74
	49	480	60	8	480	470	200	2.0	135	42	420	6.5	3.2	2.74
比較例	50	480	60	8	500	490	200	4.5	95	25	380	4.0	2.8	2.74
	51	480	60	8	520	500	200	6.4	90	18	370	3.0	2	2.74

【0062】

表7および表8における本発明例No. 46～49および比較例No. 50、51の結
出証特2004-3111429

果より、押出材の固化温度よりも高い温度にて熱間塑性加工をした素材の特性は強度、延性ともに低下した（比較例No. 50、51）。

【0063】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【産業上の利用可能性】

【0064】

本発明の耐熱・高韌性アルミニウム合金は、耐熱性と韌性を要求される自動車エンジン部品用、特にピストン用材料として有利に適用される。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明の一実施の形態における耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法の第1の例を示すフロー図である。

【図2】本発明の一実施の形態における耐熱・高韌性アルミニウム合金の製造方法の第2の例を示すフロー図である。

【図3】引張り試験片を示す正面図である。

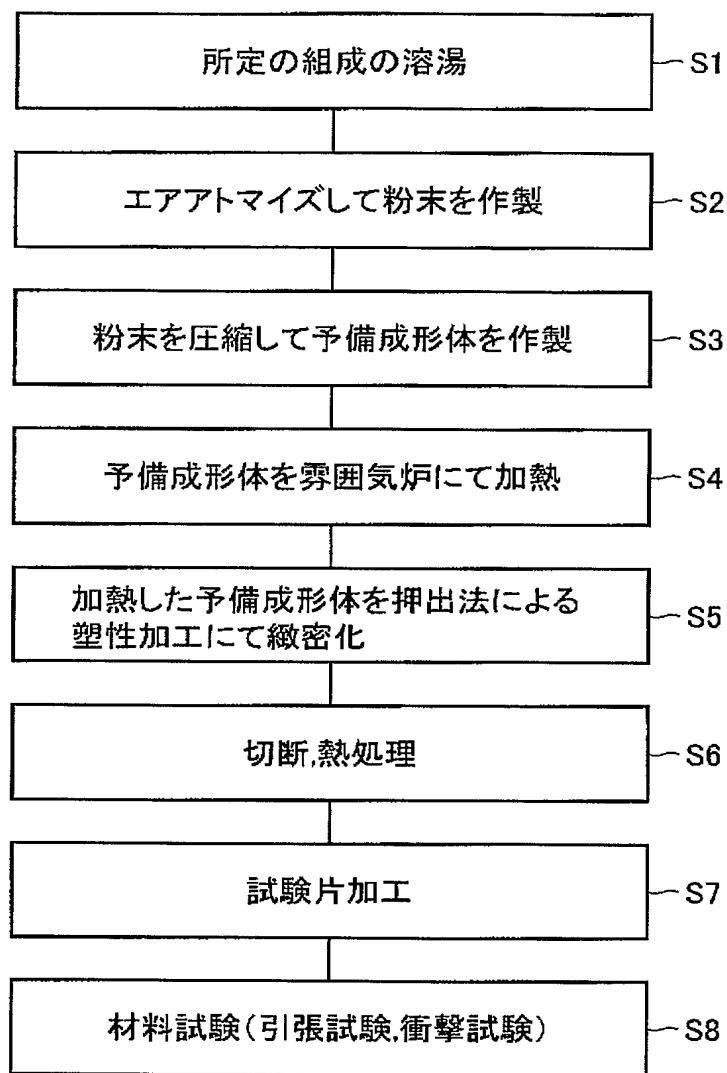
【図4】衝撃試験片の正面図（a）、断面図（b）およびノッチ部の拡大図（c）である。

【符号の説明】

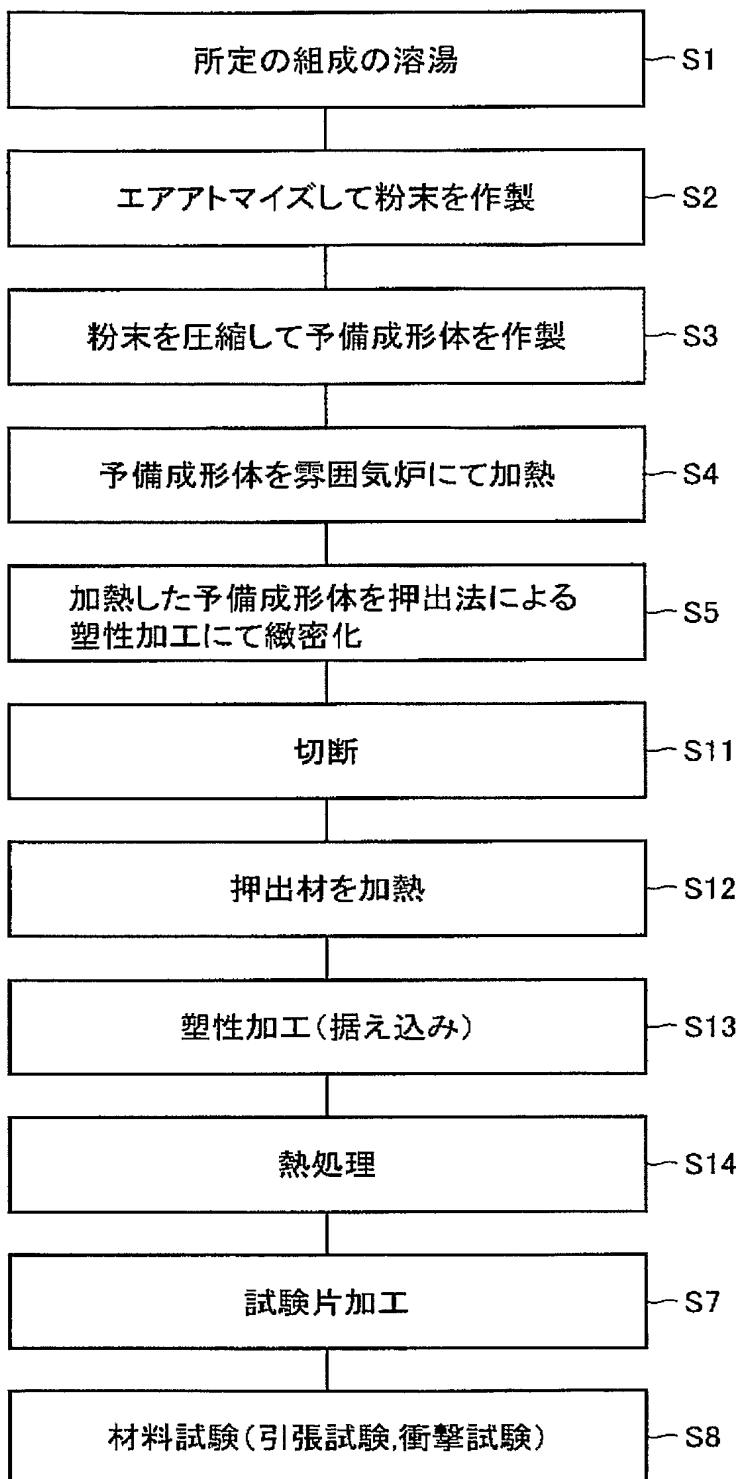
【0066】

1 引張り試験片、2 衝撃試験片、2a ノッチ部。

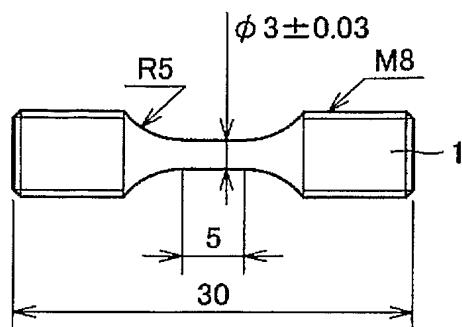
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】

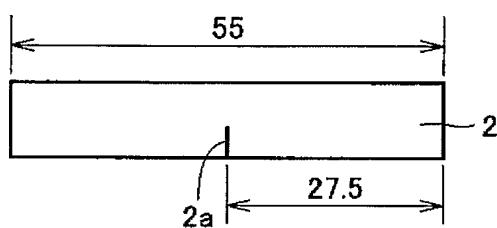


【図3】

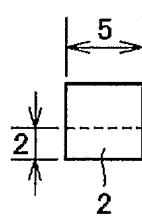


【図4】

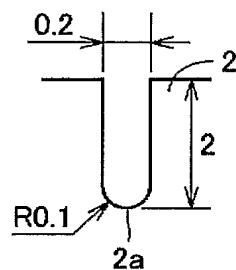
(a)



(b)



(c) ノッチ部拡大



【書類名】要約書

【要約】

【課題】 室温から300°C程度までの強度と延性とのバランスが取れ、破壊靱性も高い
、耐熱・高靱性アルミニウム合金およびその製造方法ならびにエンジン部品を提供する。

【解決手段】 本発明の耐熱・高靱性アルミニウム合金は、シリコンを10～16 mass%、
鉄を1～3 mass%、ニッケルを1～2 mass%、チタン、ジルコニウム、クロムおよびバナジウムの1種以上を総量で0.5～3 mass%、銅を0.6～3 mass%、マグネシウムを0.2～2 mass%含有し、残部が実質的にアルミニウムからなる
組成を有し、かつガスマトマイズにより作製するアルミニウム合金粉末を緻密化して得
られ、かつシリコンの平均結晶粒径が4 μm以下である。

【選択図】 図1

特願 2003-403082

出願人履歴情報

識別番号 [593016411]

1. 変更年月日 2003年 7月16日
[変更理由] 住所変更
住 所 岡山県川上郡成羽町大字成羽2901番地
氏 名 住友電工焼結合金株式会社

2. 変更年月日 2004年10月18日
[変更理由] 住所変更
住 所 岡山県高梁市成羽町成羽2901番地
氏 名 住友電工焼結合金株式会社

特願 2003-403082

出願人履歴情報

識別番号

[000005326]

1. 変更年月日

1990年 9月 6日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区南青山二丁目1番1号

氏 名

本田技研工業株式会社